

# A formal approach to software composition in component based software development

著者	Shinkawa Yoshiyuki
内容記述	Thesis (Ph. D. in Systems Management)--University of Tsukuba, (B), no. 1712, 2001.3.23 Includes bibliographical references
発行年	2001
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2241/5971">http://hdl.handle.net/2241/5971</a>

氏 名 (本 籍)	新 川 芳 行 (香 川 県)
学 位 の 種 類	博 士 (システムズ・マネジメント)
学 位 記 番 号	博 乙 第 1712 号
学位授与年月日	平成13年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
審 査 研 究 科	経営・政策科学研究科
学 位 論 文 題 目	A Formal Approach to Software Composition in Component Based Software Development (形式的アプローチに基づく、コンポーネントによるソフトウェア開発でのソフトウェア合成に関する研究)
主 査	筑波大学教授 博士(工学) 松 本 正 雄
副 査	筑波大学教授 工学博士 橋 田 温
副 査	筑波大学教授 工学博士 寺 野 隆 雄
副 査	筑波大学教授 理学博士 久 野 靖
副 査	筑波大学教授 理学博士 佐 藤 亮
副 査	筑波大学教授 工学博士 原 田 紀 夫

## 論 文 の 内 容 の 要 旨

ソフトウェアのコンポーネント化とモデルベースによるシステム構築は、開発生産性向上の手段として、すでに実務面での成果も報告されている。しかし本格的使用にあたって解決しなければならない問題点として、①ドメイン知識の統合と普遍的企業モデルの構築、②要求機能を満たすコンポーネントの選択とそれらによるシステムの組立て、③組立てたシステムの要求に対する適合性評価を正確に行うための形式化された方法論が未整備であるという点が挙げられる。

本研究は、ドメインモデルの構築に始まって、ソフトウェアコンポーネントによる実装、および検証までを一貫した形式的手法に基づいて行うためのアプローチおよび方法論を提案する。

第1章では、要求モデリングおよびコンポーネントベースソフトウェア開発における問題点と、提案する形式的アプローチの概要を述べている。第2章はこの分野での関連研究と本研究の違い、および本研究での仮定・前提を記述している。

第3章は上記課題①を扱う。最初に、ラフ集合論(Rough Set Theory・RST)により、企業活動に関するさまざまな知識を統合して、企業モデル構築に必要な普遍的要素を発見する形式的方法論を考察する。次に、それらの要素を用いて、カラードベトリネット(Colored Petri Nets・CPN)によりモデルを表現する手法を提示する。普遍的要素としては、“資源(Resource)”, “組織(Organization)”, “タスク(Task)”, “機能(Function)”, “行動(Behavior)”を用いる。

第4章は上記課題②のコンポーネントによるソフトウェア合成について考察する。この合成は、要求の動的(又は機能的)側面を満たすコンポーネントの選択と、それらを適切に結合して、要求の動的(又は振舞いの)側面を満たすシステムの組立てという二つの段階よりなる。第一段階のコンポーネントの選択は、まずCPN表現された企業モデルより、その静的側面のみを抽出して $\Sigma$ 代数( $\Sigma$  Algebra)を構築し、これと、コンポーネントを表す $\Sigma$ 代数との間の $\Sigma$ 準同型写像を基に行う。第二段階の要求の動的な側面を充足するためには、適合するコンポーネント群の実行順序を要求に合わせて制御する必要がある。本研究では、CPNモデルの動的側面をディシジョン

テーブルの形で抽出する方法および抽出したテーブルをRSTにより簡約化する手法を提示し、これらのテーブルに基づいてグルーコード等で実装することにより、動的要求の充足を行うというアプローチを取る。

第5章は上記課題③を扱い、合成により組み立てられたソフトウェアシステムの適合性評価について述べている。ここでは、前記の方法で合成されたシステムが元の要求と等価か否かを検証する形式的方法を提示する。検証は、合成の場合と同じく、静的／動的という二つの観点から行う。まず、合成されたシステムを、要求と同じくCPNで表現する手法を示し、要求を表すCPNとソフトウェアシステムを表すCPNが静的および動的な観点から等価か否かを検証する。静的な側面は、 $CPN \rightarrow \Sigma$ 代数の変換をし、 $\Sigma$ 準同型写像の有無を調べることで可能となる。一方、動的な側面に付いては、第4章で使用したディシジョンテーブルは局所的な振舞いしか表さないため、CPNモデルの全体の動作を記述する方法として、プロセス代数への変換という方法を本研究では採用した。本研究で使用されるプロセス代数は「A Calculus of Communication Systems-CCS」と呼ばれるものである。本研究では、CCSの強等価(Strong equivalence)および観測合同(Observation congruence)という、二つの等価性概念を使用し、適合性評価を行っている。

第6章は、以上の研究の総括と、今後の課題・展望を与えている。

## 審 査 の 結 果 の 要 旨

①今日のさまざまなコンピューティング方式におけるバックオフィス処理のソフトウェアに焦点をあて、その開発をコンポーネントベースやモデルベースに即して正確に行えるようにするための形式的アプローチとして、ラフ集合論、カラードペトリネット(CPN)、 $\Sigma$ 代数、CCSプロセス代数などを使った一貫性のある方法を提案しているところに、本研究のオリジナリティがある。しかしながら、そうした理論を踏まえた実際の方法を、開発の主要な3つの局面に対して提示しているものの、ほかの方法との優劣を理論的に詰めていない点や、大規模TP型ソフトウェアへの適用実証の可能性について言及していない点にやや不備がある。

②一般的に知識の整合化をはかるためにラフ集合論を使った研究はすでに行われているが、企業モデルの定義に必要な知識の整合化のため、および実際の企業モデル定義のための要素の抽出と企業モデル化のためにラフ集合論とディシジョンテーブルとを組み合わせた研究は他になく、オリジナリティが高い。さらに静的要件に基づくコンポーネントの選択ならびに動的要件に基づくシステムの構築のための形式的方法を提示した点は、研究としての意義の大きいところであるが、形式的方法の提示とその使用可能性を論じることに留まったことが惜まれる。それら形式的方法の実証的使用を通じて、方法自体について異なる結論の出る可能性がある。

③構築したシステムの要件への適合性検証のために、両者をCPNという共通のモデル化をし、静的側面の適合性検証のため $\Sigma$ 代数を使用した方法、ならびに動的側面の適合性検証のため、CCSプロセス代数を使用して強等価と観測合同という二つの等価水準で適合性評価を行う方法を確立した点にオリジナリティがある。本研究で考案された方法を用いて実際の開発をどれほど改革できるかについての研究がないため、提案された方法の評価は将来的な実証研究に委ねざるを得ない。

本論文は、既存研究で十分な形式化が得られていなかった企業要件のモデル化、それに基づくコンポーネント選択とシステム構築、要件との適合性評価の3つの主要な開発業務を一貫して形式化する枠組みと実際の方法論を形成し、提示している。著者はソフトウェアシステム工学の従事者であり、極めて実務的重要性の高い実効性を重視する問題意識に基づいた研究課題を設定している。しかも、既存の研究に関する広範なサーベイを十分に行った上で、研究の重点テーマを設定し、先行研究を参考にしながらも、大部分は著者独自のオリジナルな発想と洞察に基づく知見やノーハウをいくつも提案し、新しい理論を樹立し、その妥当性と有用性を現実のソフトウェア開発現場の基本問題に着目して検証している点も高く評価できる。したがって、本論文はコンピュータ科学ならびに企業システム開発実務に対して、大きな貢献をもつものと認められる。

よって、著者は博士(システムズ・マネジメント)の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。